

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Уральский государственный лесотехнический университет»
(УГЛТУ)

Кафедра СЭНТ

М. А. Крюкова
А. П. Пупышев

ТЕХНОЛОГИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ И СБОРОЧНЫХ ЕДИНИЦ

Методические указания
для выполнения курсовой работы.
Направление подготовки 23.03.03 «Эксплуатация транспортно-
технологических машин и комплексов», специальность
23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства».
Все формы обучения

Екатеринбург
2021

Печатается по рекомендации методической комиссии ИТИ.

Протокол № 3 от 5 ноября 2020 г.

Рецензент – доктор техн. наук, профессор А. Г. Гороховский

Редактор Л. Д. Черных

Оператор компьютерной верстки Е. Н. Дунаева

Подписано в печать

Плоская печать

Заказ №

Формат 60×84 1/16

Печ. л. 1,39

Поз. 13

Тираж 10 экз.

Цена руб. коп.

Редакционно-издательский отдел УГЛТУ

Сектор оперативной полиграфии РИО УГЛТУ

ВВЕДЕНИЕ

Важнейшими факторами, определяющими эксплуатационную надежность и срок службы транспортных и технологических машин и оборудования, являются эксплуатационные свойства материала и его прочность. При эксплуатации нередко изнашиваются рабочие поверхности деталей, что требует их полной замены и, как следствие, повышения себестоимости ремонта. В ряде случаев изготовление деталей целиком вообще нерационально в связи с высокой стоимостью материалов и трудностью обработки. Поэтому для решения задач повышения физико-механических показателей рабочих поверхностей деталей и увеличения их срока службы в машиностроении и предприятиях сервиса применяют различные способы восстановления и поверхностного упрочнения деталей и сборочных узлов.

Увеличение объемов восстановления изношенных деталей позволяет существенно снизить затраты на запасные части, а, следовательно, стоимость ремонта и сервисных услуг в целом.

Государственный образовательный стандарт ВО специальности 230501 предусматривает изучение дисциплины «Технология и организация восстановления деталей и сборочных единиц при сервисном сопровождении». При изучении дисциплины ставится цель – подготовить будущих специалистов к решению задач по разработке технологических процессов восстановления с обеспечением требований чертежа при наименьших затратах.

В методическом указании для выполнения курсовой работы рассматриваются методика выбора и применение рациональных способов для восстановления изношенных и устранения дефектов поврежденных поверхностей деталей. Требуемая точность взаимного расположения рабочих поверхностей деталей обуславливается использованием принципов теории базирования при восстановлении и последующей механической обработке и применением соответствующих видов промышленного и нестандартного оборудования и средств технологического оснащения.

Методическое указание предназначено для выполнения курсовой работы, знакомит обучающихся с последовательностью и методикой выполнения технологических процессов, с выбором средств технологического оснащения, режимов обработки и расчетом затрат на восстановление.

1. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

1.1. Цель и задачи

Целью выполнения курсовой работы является приобретение знаний и практических навыков по технологии выполнения работ и организации восстановления деталей и сборочных единиц при техническом сервисе. После выполнения курсовой работы студент должен:

– **знать**: устройство транспортных и технологических машин, систему технического обслуживания и ремонта машин; организацию производства восстановления деталей и сборочных единиц, различные восстановления деталей и сборочных единиц; знать технику безопасности и требования к охране окружающей среде;

– **уметь**: исходя из заданных условий работы деталей машин, рекомендовать методы, правила и нормы их проектирования, определяющие наиболее рациональные материалы, формы, размеры, степень точности и шероховатости поверхности; выполнять чертежи;

– **владеть**: полученными знаниями в решении практических задач по организации технологического процесса восстановления деталей, определять остаточный ресурс изношенных деталей и выбирать мероприятия по предупреждению неисправностей и увеличению срока службы деталей, методами определения качества восстановления деталей и узлов при восстановлении.

Краткое содержание дисциплины

Эффективность работы подвижного транспортного средства в значительной мере определяется его надежностью, поэтому необходимы знания системы технического обслуживания и ремонта. Восстановление деталей и узлов позволяет повторно, иногда многократно, использовать исчерпавшие ресурс детали и сборочные единицы транспортных и технологических машин. Износы поверхностей или другие дефекты, возникшие в процессе эксплуатации машин, могут быть при восстановлении устранены, что значительно сокращает расход новых запасных частей, обеспечивает экономию денежных средств и труда.

Полученные знания обеспечивают решение практических задач организации технологического процесса восстановления деталей, определения остаточного ресурса изношенных деталей и выбора мероприятий предупреждения неисправностей и увеличения срока службы деталей. Методы

определения качества помогают восстанавливать детали и сборочные узлы при ремонте. Процесс изучения дисциплины направлен на формирование компетенций ПК-3; ПК-5.

1.2. Тематика курсовой работы

Курсовая работа выполняется по дисциплине **«Технология и организация восстановления деталей и сборочных единиц»**.

Объектом проектирования являются детали узлов и агрегатов технологических и транспортных машин лесопромышленных предприятий.

1.3. Объем и содержание курсовой работы

Индивидуальное задание на выполнение курсовой работы содержит рабочий чертеж детали и наименование дефектов (форма и содержание задания приведены в приложении).

Курсовая работа состоит из пояснительной записки, графической части и комплекта технологической документации.

Графическая часть – ремонтный чертеж детали (формат А2, А3, А4 по ГОСТ 2.301 - 68).

Комплект технологической документации содержит: ТЛ, КТП (форма 1, 1а ГОСТ 3.1404 - 86), КЭ (форма 3 ГОСТ 3.1105 - 84), КК (форма 3 ГОСТ 3.1102-84).

Пояснительная записка содержит 25–30 страниц текста (формат А–4 ГОСТ 2.301 - 68).

Структура пояснительной записки:

- титульный лист (форма утверждена методической комиссией университета);
- задание на проектирование;
- аннотация;
- содержание;
- введение;
- основная часть;
- заключение;
- список литературы;
- приложения.

Основная часть пояснительной записки содержит следующие разделы и главы:

Раздел 1. Выбор способа устранения дефекта детали.

1.1. Обоснование необходимости восстановления детали

1.2. Характеристика детали, в том числе условия ее работы, основные дефекты.

1.3. Выбор рационального способа устранения дефектов детали.

1.4. Расчет толщины наносимого покрытия.

Раздел 2. Технологические расчеты при проектировании процессов восстановления детали.

2.1. Расчет параметров и выбор режимов нанесения покрытий.

2.2. Расчет параметров и выбор режимов механической обработки покрытий.

Раздел 3. Выбор оборудования, оснастки и материалов для восстановления детали.

3.1. Выбор оборудования и оснастки.

3.2. Выбор материалов.

3.3. Определение расхода материалов.

Раздел 4. Определение норм времени выполнения операций восстановления детали.

4.1. Нанесение покрытий.

4.2. Механическая обработка покрытий.

Раздел 5. Технологическая документация процесса восстановления детали (дать перечень документации).

Раздел 6. Определение затрат на восстановление детали.

Раздел 7. Техника безопасности работ при восстановлении детали.

Образец «задания на курсовую работу» дан в приложении.

2. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

2.1. Введение

В введении даются основные сведения по освещаемому вопросу, в данном случае – характеристика состояния процессов восстановления деталей в лесном комплексе, и определяются основные направления их развития на перспективу. При подготовке введения можно использовать периодические издания лесного профиля, в частности журнал «Лесная промышленность».

2.2. Основные этапы проектирования технологических процессов восстановления деталей

Проектирование технологического процесса восстановления детали выполняют в следующей последовательности:

- обосновывают необходимость восстановления детали;
- изучают рабочий чертеж детали, технические требования и составляют ее техническую характеристику;
- анализируют состояние изношенной детали и определяют содержание и количество маршрутов ее восстановления;
- анализируют возможные способы устранения дефектов детали и выбирают наиболее рациональные из них;
- рассчитывают параметры технологических режимов операций восстановления детали, в том числе нанесения покрытий и механической обработки;
- выбирают оборудование и средства технологического оснащения для восстановления детали;
- выбирают материал – наплавочная проволока, флюс, технологический газ и др.;
- определяют нормы времени выполнения технологических операций восстановления детали;
- оформляют комплект технологической документации восстановления детали.

2.3. Обоснование необходимости восстановления деталей

Техническое перевооружение лесопромышленных предприятий требует значительного обновления парка машин и увеличения поставок запасных частей к ним. Однако в условиях ограничения финансовых и материальных ресурсов предприятий эта проблема может быть решена не только за счет поступления новой техники, но и ее модернизации, ремонта и восстановления изношенных деталей. На запасные части к автомобилям расходуется свыше 40 %, а к тракторам – около 50 % металла, идущего на изготовление этих машин.

Исследованиями установлено, что 85 % деталей машин становятся неработоспособными при износах поверхностей не более 0,2...0,3 мм, а себестоимость восстановления составляет 50...60 % от стоимости новой детали. К тому же в последние годы разработаны и применяются технологии, которые позволяют получить ресурс восстановленной детали на уровне серийной и даже выше. Поэтому восстановление многих деталей является целесообразным и экономически выгодным. Об этом свидетельствует опыт восстановления деталей в различных отраслях экономики как в Российской Федерации, так и за рубежом.

2.4. Техническая характеристика детали

Составление технической характеристики детали выполняется на основе изучения рабочего чертежа детали и технологического процесса ее изготовления.

Основные характеристики восстанавливаемой детали сводят в таблицу.

Таблица 1

Техническая характеристика деталей автомобиля

Наименование и обозначение детали	Материал	Твердость	Масса, кг	Габаритные размеры, мм
-----------------------------------	----------	-----------	-----------	------------------------

2.5. Анализ состояния изношенной детали

Анализ состояния изношенной детали начинают с установления причин потери работоспособности при эксплуатации машины. Для этого изучается конструкция сборочной единицы, в которую входят детали, а также условия ее работы. Наиболее распространенные дефекты детали и коэффициенты их повторяемости сводят в таблицу. Для примера, в табл. 2 даны наименования дефектов и коэффициенты их повторяемости.

Таблица 2

Наименование дефектов и коэффициент повторяемости

Наименование дефекта	Величина параметра, мм			коэффициент повторяемости
	по чертежу	без ремонта	допустимый наибольший износ	

2.6. Выбор способа устранения дефекта детали

Для устранения каждого дефекта детали может применено несколько способов, из которых нужно выбрать наиболее рациональный. Например, устранить износ посадочной поверхности вала под подшипник качения можно дуговой наплавкой, наваркой металлической ленты, железнением, нанесением полимерного материала и другими способами.

Выбор рационального способа устранения дефекта детали проводится в следующей последовательности. Сначала из всего перечня всех способов, уже используемых в ремонтной практике и рекомендуемых к внедрению, предварительно отбираются несколько по технологическому и техническому критериям.

По технологическому критерию (критерий применимости) отбирают способы на основании возможностей их применения для устранения конкретного дефекта заданной детали с учетом величины и характера износа, материала детали и ее конструктивных особенностей. По этому критерию

назначают все способы, с помощью которых технологически возможно устранить заданный дефект. Технологические возможности способов восстановления деталей устанавливают по их характеристикам (табл. 3), которые даны в специальной справочной и технической литературе [1, 2, 3].

По техническому критерию – критерий или коэффициент долговечности – оценивают эксплуатационные свойства детали, восстановленной каждым способом, выбранным по технологическому критерию. К таким свойствам относят износостойкость восстановленной поверхности, усталостную прочность (выносливость), сцепляемость нанесенных покрытий и др. Наиболее распространенные способы восстановления деталей даны в табл. 4.

Окончательное решение о выборе рационального способа устранения дефекта детали принимают по технико-экономическому критерию (обобщенный критерий). Он отражает технический уровень применяемой технологии, затраты на восстановление и эксплуатацию детали.

Таблица 3

Технологические характеристики способов восстановления деталей

Наименование характеристик	Условные обозначения способов восстановления								
	НУГ	ВДН	НСФ	ДМ	ГН	Х	Ж	КП	РН
Виды металлов и сплавов, по отношению к которым применим способ	Сталь	Сталь, ковкий и серый чугун	Сталь	Все материалы		Сталь	Сталь, серый чугун	Все материалы	
Виды поверхностей, по отношению к которым применим данный способ	Наружные цилиндрические, плоские			Наружные и внутренние цилиндрические			Наружные и внутренние цилиндрические, плоские		
Минимальный наружный диаметр поверхности, мм	15	15	35	30	30	5	12	10	10
Минимальный внутренний диаметр поверхности, мм	–	50	–	–	–	40	40	60	40
Минимальная толщина наносимого покрытия, мм	0,5	0,5	1,5	0,3	0,3	0,05	0,1	0,1	1,0
Максимальная толщина наносимого покрытия, мм	3,5	3,0	5,0	8,0	1,5	0,3	3,0	1,5	6,0
<p><i>Примечания:</i> Условные обозначения способов восстановления деталей: НУГ – наплавка в среде углекислого газа; ВДН – вибродуговая наплавка; НСФ – наплавка под слоем флюса; ДМ – дуговая металлизация; ГН – газопламенное напыление; Х – хромирование; Ж – железнение; КП – контактная наварка; РН – ручная наплавка.</p>									

Поскольку расчеты технико-экономических показателей, необходимых для оценки различных способов по данному критерию являются сложными [1, 2, 4], то можно рассматривать отношение:

$$\frac{C_B}{K_D} \rightarrow \min, \quad (1)$$

где C_B – удельная себестоимость способа устранения дефекта, руб/м²;
 K_D – коэффициент долговечности восстановленной детали (табл. 4).

Значение C_B определяется расчетом или принимается по литературным источникам. Однако в условиях финансовой нестабильности экономики можно использовать для расчетов относительные показатели – индексы, характеризующие сравнительный уровень себестоимости восстановления деталей. Для основных способов восстановления деталей они даны в табл. 5. При расчетах технико-экономического критерия можно использовать удельную себестоимость восстановления изношенных поверхностей деталей, руб./дм², (табл. 5) [1,2].

Таблица 4

Технические критерии способов восстановления

Способ восстановления	Значения коэффициентов		
	износостойкости, $K_{и}$	выносливости, $K_{в}$	сцепляемости, $K_{сц}$
Наплавка в среде углекислого газа	0,85	0,9...1,0	1,0
Вибродуговая наплавка	0,85	0,62	1,0
Наплавки под слоем флюса	0,90	0,82	1,0
Дуговая металлизация	1,0...1,3	0,6...1,1	0,2...0,3
Газопламенное напыление	1,0...1,3	0,6...1,1	0,3...0,4
Плазменное напыление	1,0...1,5	0,7...1,3	0,4...0,5
Железнение	0,9...1,2	0,8	0,65...0,8
Хромирование	1,0...1,3	0,7...1,3	0,4...0,5
Контактная наварка	0,9...1,1	0,8	0,8...0,9
Ручная наплавка	0,9	0,8	0,8...0,9

Примечания: 1. Коэффициент долговечности K_D численно принимается равным значению коэффициента, который имеет наименьшую величину.
 2. При выборе способов восстановления применительно к деталям, не испытывающим в процессе работы значительных динамических и знакопеременных нагрузок, численное значение коэффициента долговечности определяется только численным значением коэффициента износостойкости.

Наиболее рациональным способом устранения дефекта детали считается тот, для которого отношение удельной себестоимости к долговечности C_B/K_D является минимальным.

Выбранный способ восстановления детали должен быть обеспечен средствами технологического оснащения и удовлетворять экологическим требованиям и требованиям техники безопасности.

После выбора рациональных способов устранения дефектов детали выполняют ее ремонтный чертеж.

Таблица 5

Индексы себестоимости основных способов восстановления деталей
(по состоянию на 01.01.2000 г.)

Способ восстановления	Значение индекса себестоимости	Удельная себестоимость восстановления
Наплавка: под флюсом в среде газов вибродуговая	1,5	12,0...14,0
	1,2	6,0...8,0
	2,4	8,0...10,0
Контактная приварка	1,5	7,5...8,5
Гальванические покрытия	1,2	0,4...9,0
Газотермическое напыление	2,6	10,0...14,0
Дуговая металлизация	0,5	8,0...12,0
Полимерные покрытия	0,4	–
Пластическое деформирование	0,8	–

2.7. Способы нанесения покрытия

Расчет толщины наносимого покрытия

Толщина покрытия, наносимого на наружные цилиндрические поверхности определяется по формуле:

$$h = \frac{U}{2 + z_1 + z_2}, \quad (2)$$

- где h – толщина покрытия, мм;
 U – износ детали, мм;
 z_1 – припуск на обработку перед покрытием, мм; (ориентировочно 0,1 ...0,3 мм на сторону);
 z_2 – припуск на механическую обработку после нанесения покрытия, мм (на сторону), (табл. 6).

Таблица 6

Припуск на механическую обработку после нанесения покрытий

Способ получения покрытия	Припуск на сторону, мм
Ручная дуговая наплавка	1,4...1,7
Дуговая наплавка под слоем флюса	0,8...1,1
Наплавка в среде углекислого газа. Вибродуговая наплавка	0,6...0,8
Плазменная наплавка	0,4...0,6
Контактная наварка, газотермическое напыление	0,2...0,5
Железнение	0,1...0,2
Хромирование	0,05...0,1

Технологические расчеты при проектировании процессов восстановления деталей

Процесс восстановления деталей может быть условно разделен на два этапа. На первом этапе восстанавливают геометрические размеры детали различными способами, среди которых наибольшее применение нашли способы, основанные на нанесении на изношенную поверхность покрытий. На втором этапе проводят последующую механическую обработку нанесенных покрытий.

Расчет параметров режимов нанесения покрытий

Принятые режимы операций (особенно нанесение покрытий) существенно влияют на ресурс восстановленных деталей. Поэтому они должны обеспечивать выполнение технических требований к детали, обозначенных на ремонтном чертеже. Параметры режимов нанесения покрытий различными способами приведены в справочной и технической литературе [1, 2, 3, 5, 6]. В курсовой работе необходимо рассчитать основные параметры режимов нанесения покрытий: силу тока, скорость наплавки, частоту вращения детали, скорость подачи проволоки и др.

Методики расчета и выбора параметров технологических режимов для наиболее распространенных способов нанесения покрытий даны ниже.

2.8. Виды восстановления деталей

Дуговая наплавка под флюсом и в среде защитных газов

Дуговая наплавка под флюсом и в среде защитных газов является наиболее распространенным способом восстановления деталей в ремонтном производстве не только в России, но и за рубежом.

Сущность этого метода состоит в том, что в зону дуги подается флюс

толщиной 50...60 мм, который закрывает дугу и плавится под воздействием тепла. В качестве присадочного материала используется изолированная проволока, а функции обмазки электродов выполняют флюсы. Марка флюса и проволоки определяется требованиями, предъявляемыми к наплавляемому слою. Детали из малоуглеродистых и низколегированных сталей наплавляют проволокой диаметром 1,2...1,5 мм марок С_в-0,8; С_в-10А; Н_п-30; Н_п-40 и др., а из легированных сталей – марок С_в-18ХГСА; Н_п-30ХГСА, порошковыми проволоками марок ПП-3Х2В8, ПП-Х42ВФ и др. Высокую износостойкость наплавленного слоя можно получить наплавкой проволоки Н_п-2Х13.

Для наплавки применяют плавящиеся марганцовистые флюсы марок АН-318А и ОСЦ-45, с помощью которых наплавляемый слой легируется марганцем, повышающим его твердость, вязкость и износостойкость. Наплавкой проволокой С_в-08 под керамическим флюсом АНК-19 можно получить твердость наплавленной поверхности НRC 45-49.

Наплавка под слоем флюса широко применяется при восстановлении валов, осей и других деталей диаметром более 50 мм, имеющих износ более ...1,5 мм на сторону. Наплавка деталей диаметром до 50 мм затруднена из-за стекания металла, осыпания флюса, возможности прижога и коробления.

Процесс широко применяется для восстановления цилиндрических поверхностей деталей. Режимы наплавки характеризуются силой тока, напряжением, скоростью наплавки, скоростью подачи проволоки, шагом наплавки, вылетом и смещением электрода. Силу тока при наплавке определяют в зависимости от диаметра детали (табл. 7).

Таблица 7

Зависимость тока при наплавке от диаметра детали

Диаметр детали, мм	Сила тока, А при диаметре электродной проволоки, мм	
	1,2...1,6	2...2,5
50...60	120...140	140...160
65...75	150...170	180...220
80...100	180...200	230...280
150...200	230...250	300...350
250...300	270...300	350...380

Основные параметры режимов наплавки определяют по следующим формулам:

скорость наплавки, м/ч

$$V_H = \frac{\alpha_H \cdot I}{h \cdot s \cdot \gamma}, \quad (3)$$

частота вращения детали, об/мин

$$n_{\partial} = \frac{1000 \cdot V_H}{60 \cdot \pi \cdot d}, \quad (4)$$

скорость подачи проволоки, м/ч

$$V_{np} = \frac{4 \cdot \alpha_H \cdot I}{\pi \cdot d_{np}^2 \cdot \gamma}, \quad (5)$$

шаг наплавки, мм / об

$$S = (2 \dots 2,5) \cdot d_{np}, \quad (6)$$

вылет электрода, мм

$$\delta = (10 \dots 12) \cdot d_{np}, \quad (7)$$

смещение электрода, мм

$$l = (0,05 \dots 0,07) \cdot d, \quad (8)$$

где α_H – коэффициент наплавки, г/Ач (при наплавке постоянным током обратной полярности $\alpha_H = 11 \dots 14$);

h – толщина наплавленного слоя, мм;

γ – плотность электродной проволоки, г/см³ ($\gamma = 7,85$);

d_{np} – диаметр электродной проволоки, мм;

I – сила тока, А;

d – диаметр детали, мм.

Ориентировочные параметры режимов наплавки под слоем флюса цилиндрических деталей даны в табл. 8.

Таблица 8

Режимы наплавки цилиндрических деталей (толщина слоя 1,0...1,2 мм)

Параметр	Диаметр детали, мм			
	10...20	20...30	40...50	90...100
Сила тока, А	70...90	85...110	110...180	100...300
Скорость наплавки, м/ч	40..45	40..45	30..35	70..80
Смещение электрода, мм	2..4	3..5	6..10	8..10
Шаг наплавки, мм/об	2,5...3,0	2,8...3,2	3,0...3,5	5,0...7,0
Вылет электрода, мм	7...10	8...11	10...15	20...27

Вибродуговая наплавка

Вибродуговой наплавкой восстанавливают большую номенклатуру деталей типа «вал». Параметры режима нанесения покрытий определяют по следующим формулам:

сила тока, А

$$I = \frac{\pi \cdot d_{np}^2}{4 \cdot (60 \dots 75)}, \quad (9)$$

скорость подачи электродной проволоки, м/ч

$$V_{np} = \frac{0,1 \cdot I \cdot U}{d_{np}^2}, \quad (10)$$

где d_{np} – диаметр проволоки, мм;

U – напряжение, В; $U = (14 \dots 20)$ В;

скорость наплавки, м / ч

$$V_H = \frac{0,785 \cdot d_{np}^2 \cdot V \cdot \eta}{h \cdot S \cdot \alpha}, \quad (11)$$

где η – коэффициент перехода электродного материала в наплавленный металл $\eta = (0,8 \dots 0,9)$;

h – толщина наплавленного слоя (без механической обработки), мм;

S – шаг наплавки, мм/об;

α – коэффициент, учитывающий отклонения фактической площади сечения наплавленного слоя от площади наплавленного (восстановленного) слоя четырехугольника с высотой ($\alpha = 0,8$);

шаг наплавки, мм/об

$$S = (1,6 \dots 2,2) d_{np}, \quad (12)$$

амплитуда колебаний

$$A = (0,75 \dots 1,0) d_{np}. \quad (13)$$

Плазменная наплавка

При плазменной наплавке расчет параметров режима (скорость, частота вращения, толщина покрытий) рекомендуется выполнять по формулам, принятым для расчета режима наплавки под слоем флюса.

Плазменная наплавка основана на использовании тепла плазменной струи, которая представляет собой поток ионизированных частиц газа, обладающих большой энергией. При свободном горении электрической дуги температура в ней достигает $5000 \dots 6000$ °С, а в случае принудительного сжатия дуги для получения плазменной струи – значительно повышается. Про-

пуская дугу с защитным газом (водород, азот, аргон) через охлаждаемое водой сопло, ее сжимают. При этом достигается ионизация потока газа с температурой до 18 000 °С.

Существует несколько способов плазменной наплавки: с применением присадочного материала в виде порошка, присадочной проволоки или ленты и др. Преимуществами этого процесса являются малая глубина проплавления основного металла. Наплавка тонких слоев – высокое качество наплавленного металла.

Наибольшее применение для плазменной наплавки деталей получили сплавы ФБХ–9–2, Ус–25, ПГ–СРЗ и СНГН–50. Технологические режимы плазменной наплавки деталей при работе с аргонном следующие:

сила тока 150...200 А;

напряжение холостого хода (120...160) В;

рабочее напряжение (40... 45) В;

расход плазмообразующего газа (1,5...2,5) л/мин;

расход транспортирующего газа (5...7) л/мин;

расход защитного газа (15...20) л/мин;

скорость наплавки (0,15...0,18) м/мин;

расстояние от горелки до детали (10...18) мм;

число колебаний горелки в минуту 40...100.

Рациональное значение силы тока при плазменной наплавке находится в пределах (200...230) А. Коэффициент наплавки $\alpha_H = (10...13)$ г/А·ч.

Расход порошка определяется по формуле

$$Q = 0,1 \cdot V_H \cdot S \cdot h \cdot \gamma \cdot K_{II}, \quad (14)$$

где Q – расход порошка, г/с;

S – шаг наплавки, мм/об ($S = 0,4 - 0,5$);

h – толщина наплавленного слоя, мм;

γ – плотность наплавленного металла, г/см³. Для порошковых твердых сплавов на железной основе $\gamma = 7,4$; для сплавов на никелевой основе $\gamma = 0,8$;

K_{II} – коэффициент, учитывающий потери порошка, $K_{II} = (1,12...1,17)$.

Наварка ленты

В зависимости от вида и формы присадочного материала различают контактную наварку контактных (лента, проволока) – и порошковых (гранулированных) материалов, а также лент, армированных твердосплавным

порошком. Контактная наварка порошкообразных материалов является одним из способов припекания.

Контактная наварка ленты проводится на специальных установках совместным деформированием навариваемого металла и поверхностного металла, нагретых в очаге деформации до пластического состояния короткими (0,02... 0,16 с) импульсами тока 7...30 мА. Образующиеся при этом сварочные точки располагаются по винтовой линии и частично перерывают друг друга, что достигается вращением детали со скоростью, пропорциональной частоте импульсов, и продольным перемещением сварочных клещей.

Наибольшее распространение контактная наварка проволоки нашла для восстановления резьбовых участков валов. Диаметр проволоки подбирают таким, чтобы при наварке она полностью заполнила впадину резьбы и выступала на величину припуска, необходимого для последующей обработки. Учитывая износ витков резьбы, продольную подачу сварочных клещей принимают равной шагу резьбы.

Частота вращения детали, продольная подача сварочных клещей и частота следования импульсов являются важными параметрами процесса, определяющими его производительность. Соотношение этих величин подбирают так, чтобы обеспечить 6 или 7 сварочных точек на 1 см длины сварного шва. Режимы приварки ленты приведены в табл. 9.

Частоту вращения детали, норму времени на наплавку рассчитывают аналогично расчету этих параметров при наплавке под слоем флюса.

Таблица 9

Рекомендуемые режимы приварки ленты, толщина 1 мм

Сила сварочного тока, А	16,1...18,1
Длительность сварочного цикла, с	0,04...0,08
Длительность паузы, с	0,1...0,12
Подача сварочных клещей, мм/об	3...4
Усилия сжатия электродов, кН	1,30...1,60
Ширина рабочей части сварочных роликов, мм	4
Скорость наплавки, м/мин.	3...4

Нанесение тонкослойных покрытий

Тонкослойное покрытие – это слой металла, неметалла или композиции, который наносят на поверхность изделий электрохимическими, химическими, механическими и физическими (электростатическим) способами.

Восстановление деталей электролитическими покрытиями заключается в нанесении на изношенную поверхность детали металла путем электро-

лиза. Технология процесса состоит в следующем: подлежащую восстановлению деталь, подсоединенную к отрицательному электроду (катоде), помещают в ванну, наполненную электролитом. Второй электрод (анод) подсоединяют к положительному полюсу источника тока. При прохождении через электролит постоянного тока на катоде осаждается металл.

Для восстановления деталей широкое распространение получили железнение (остаивание) и хромирование. При железнении применяют аноды из малоуглеродистой стали толщиной 5...9 мм, материал которых постепенно переносится на поверхность детали. Железнением восстанавливают отверстия в корпусных деталях, шейки валов агрегатов трансмиссий, валики приводов насосов, шкивы, катки, кронштейны, ступицы, чугунные втулки и другие детали с износом до 3 мм на сторону.

Хромированием восстанавливают детали с износом до 0,3 мм на сторону, работающие при значительных удельных давлениях, больших скоростях скольжения, поверхности которых должны обладать высокой твердостью, термостойкостью и износостойкостью.

В качестве анода при хромировании применяют нерастворимый в электролите сплав свинца и сурьмы (5...10 %). Площадь анодов должна быть в 1,5...2 раза больше площади катода, а форма должна повторять форму детали, что повышает равномерность покрытия. Требуемое расположение анодов в ванне относительно катодов обеспечивается подвесными приспособлениями.

Состав электролита при хромировании (концентрация в граммах на 1 литр воды, г/л):

– хромовый ангидрид.....	150...200
– серная кислота	1,5... 2
– окись хрома	До 4
– окись железа.....	До 6
– Температура электролита	55 °С
– Плотность тока.....	(35...40) А/дм ²
– Толщина слоя	(0,036...0,15) мм
– Время хромирования	(90...380) мин

После нанесения слоя хрома поверхность подвергают шлифованию и полировке.

Технологический процесс восстановления деталей электролитическими покрытиями состоит из трех этапов:

– первый – предварительная обработка деталей включает механическую обработку изношенной поверхности – придание поверхности правильной геометрической формы и требуемой шероховатости поверхности; удаление наклепанного слоя; промывку детали органическими растворами; изоляцию мест, не подлежащих хромированию; монтаж на подвесные приспособления; обезжиривание; промывку в горячей и холодной воде; декапирование;

- второй этап – электроосаждение покрытий;
- третий – промывка, снятие с подвесок и удаление изоляции, сушка, механическая обработка.

Механическую обработку восстановленных поверхностей деталей выполняют резанием резцами и шлифованием.

Параметры режимов токарной обработки деталей рассчитывают по формулам:

частота вращения детали, об / мин

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d}, \quad (15)$$

глубина резания, принимается равной припуску ($t = z_2$), мм (см. табл. 6);

скорость резания, м/мин

$$V = \frac{C}{t^x \cdot S^y \cdot T^m}, \quad (16)$$

- где t^x – глубина резания, мм;
 S^y – подача, мм/об (табл. 10, 11, 12);
 T^m – стойкость инструмента, мин (табл. 13).

Таблица 10

Подача при черновом обтачивании деталей (глубина резания до 5 мм)

Диаметр детали, мм	18	30	50	80	120	180
Подача, мм/ об	до 0,25	0,2...0,5	0,4...0,8	0,6...1,2	1,0...1,4	1,4

Таблица 11

Подача при черновом растачивании деталей (глубина резания 2 мм)

Диаметр сечения державки резца, мм	10	20	30
Вылет резца, мм	50	100	150
Подача, мм/ об	0,05...0,08	0,15...0,40	0,5... 1,0

Таблица 12

Подача при чистовом точении, мм/об

Шероховатость, R_a , мкм	Радиус при вершине резца, мм			
	0,5	1,5	2,0	3,0
80...40	—	—	—	2,8
40...20	—	1,45	1,60	1,9
20...10	0,46	0,67...1,05	0,73...1,15	0,85...1,3
5,0...2,5	0,13	0,14...0,20	0,16...0,22	0,13...0,26

Таблица 13

Стойкость резцов из быстрорежущей стали и твердых сплавов

Сечение, мм	Стойкость, мин	
	Быстрорежущая сталь	Твердый сплав
16...25	60	90
20...30	60	90
25...40	90	120
40...60	120	150
60...90	150	180

Значения коэффициентов C и показателей степени x , y (16) принимаются в зависимости от обрабатываемого материала, для восстановленных деталей. Значение коэффициента m принимается по данным табл. 14.

Таблица 14

Значение коэффициента m при обработке восстановленных деталей

Тип резца	Условия обработки	Материал режущей кромки резца		
		Сталь	Сплав ТК	Сплав ВК
Проходной	С охлаждением	0,125	0,125	0,150
Расточной	Без охлаждения	0,100	0,125	0,150

При обработке восстановленных поверхностей шлифованием с продольной подачей глубина шлифования принимается 0,005...0,015 мм/проход для чистовой и 0,010...0,025 мм/проход для черновой обработки.

Число проходов определяется по формуле:

$$i = \frac{z_z}{t}, \quad (17)$$

где z_z — припуск на шлифование (на сторону), мм.

Продольная подача, мм/об

$$S = S_D \cdot B_K, \quad (18)$$

где S_D – продольная подача в долях ширины круга на один оборот детали;

B_K – ширина шлифовального круга, мм; $B_K = (20 \dots 60)$.

Продольная подача для черного шлифования восстановленных поверхностей деталей диаметром менее 20 мм принимается 0,3...0,5 мм, более 20 мм – 0,6...0,7 мм. Для чистового шлифования принимают 0,2...0,3 мм.

Окружную скорость детали V_D для черного шлифования принимают 20...80 м/мин, а для чистового – 2...5 м/мин.

Скорость продольного перемещения стола V_{cm} , м/мин, определяется по формуле

$$V_{cm} = \frac{S \cdot n_D}{1000}. \quad (19)$$

Ориентировочные режимы токарной обработки и шлифования восстанавливаемых деталей даны в табл. 15 и 16.

Таблица 15

Режимы токарной обработки восстанавливаемых деталей

Способ восстановления	Вид обработки	Материал инструмента	Режимы резания		
			Скорость резания V, м/мин	Подача S, мм/об	Глубина обработки t, мм
Наплавка	Черновая	T15K6, T14K8, BK6, BK8	46,0 27,5	0,2 0,3	1,0 2,0
	Чистовая	T15K6, T14K8, BK3, BK6, BK8	138 104	0,15 0,20	0,25 0,50
Газотермическое напыление порошковых материалов	Черновая	T15K6, T14K8, BK6, BK8	20	0,30	0,50
	Чистовая	T15K6, T14K8, BK6, BK8	40	0,15	0,20
Железнение	Черновая	T15K6, BK6, BK8, T30K4	30	0,50	2,00
	Чистовая	T15K6, BK6, BK8, T30K4	60	0,12	0,20

Таблица 16

Режимы шлифования восстанавливаемых деталей

Способ восстановления	Вид обработки	Характеристика шлифовального круга	Режимы обработки			
			V_k , м/с	V_d , м/мин	$S_{пр}$, м/мин	t , мм
Наплавка	Черновая	Нормальный электрокорунд, зернистость 40...50, твердость СТ...СТ1, связка керамическая	25...30	10...15	0,7...1,2	0,01...0,05
	Чистовая	Белый электрокорунд, зернистость 25...40, твердость СМ2...СМ1, связка керамическая	30...32	12...15	0,4...0,7	0,008...0,01
Газотермическое напыление порошковых материалов	Черновая	Нормальный электрокорунд, зернистость 46...60, твердость СМ2...СМ1, связка керамическая	10...30	6...15	0,5...0,7	0,01...0,03
	Чистовая	То же	20...30	3...6	0,3...0,5	0,008...0,01
Контактная наварка металлической ленты	Чистовая	Белый электрокорунд, зернистость 25...40, твердость СМ2...СМ1, связка керамическая	30...40	25...30	0,2...0,3	0,008...0,01
Железнение	Чистовая	Синтетический алмаз АСП10К6, АСП15К8, АСП25К6-50, АСП30К6-50	25...35	20...25	1,0...1,5	0,01...0,02
Хромирование	Чистовая	Нормальный электрокорунд, зернистость 40...50, твердость С1...С2, связка керамическая	30...40	15...20	1,0...1,5	0,008...0,01

3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Написать заключение по курсовой работе. Перечислить методы восстановления деталей и описать способ, который был использован при выполнении курсовой работы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Надежность и ремонт машин / Под. ред. В. В. Курчаткина. – М.: Колос, 2006. – 596 с. Черноиванов В. И. Организация и технология восстановления деталей машин / В. И. Черноиванов, В. П. Лялякин. – М.: ГОСНИТИ, 2006. – 487 с.

2. Балихин В. В., Быков В. В., Иванов Н. Ю. Технология ремонта машин и оборудования: учебник для вузов / – СПб : СПбГЛТА, 2006. – 524 с.

3. Вахламов В. К. Автомобили. Эксплуатационные свойства : учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности «Автомобили и автомоб. хозяйство» направления подготовки дипломированных специалистов «Эксплуатация наземного транспорта и транспортного оборудования» / 4-е изд., стер. – М.: Академия, 2010. – 240 с.

4. Вахламов В. К. Автомобили. Конструкция и элементы расчета : учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности «Автомобили и автомобильное хозяйство» направления подготовки «Эксплуатация наземного транспорта и транспортного оборудования» / – 2-е изд., стер. – М.: Академия, 2008. – 480 с.

5. Быков В. В. Технология и организация восстановления деталей и сборочных единиц при сервисном обслуживании: учебное пособие для студентов специальности 190603 «Сервис транспортных и технологических машин и оборудования» / В. В. Быков, И. Г. Голубев, В. В. Балихин и др. – Йошкар-Ола: Марийский государственный технический университет, 2008. – 336 с.

6. Издательство «Лань» [Электронный ресурс]: электронная библиотечная система: содержит электронные версии книг издательства «Лань» и других ведущих издательств учебной литературы, так и электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. – Москва, 2010 –. Режим доступа: <http://e.lanbook.com>.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Задание на курсовую работу (образец)

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
ФГБОУ ВО Уральский государственный лесотехнический университет

Институт (факультет) ИТИ или ИЗО

Кафедра СЭНТ

Направление 23.03.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов»

ИЛИ

Специальность 23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства»

Специализация «Автомобили и тракторы»

**ЗАДАНИЕ
НА КУРСОВУЮ РАБОТУ**

(фамилия, имя, отчество)

1. Тема работы _____

2. Исходные данные _____

3. Содержание расчетно-пояснительной записки _____

4. Графическая часть *1-й лист деталь автомобиля, 2-й лист – дефекты детали* _____

3-й лист – восстановленная деталь _____

5. Дата выдачи задания «__» _____ 20__ г.

6. Срок сдачи курсовой работы «__» _____ 20__ г.



М. А. Крюкова
А. П. Пупышев

ТЕХНОЛОГИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ И СБОРОЧНЫХ ЕДИНИЦ

Екатеринбург
2021